

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	大橋 正治（おおはし まさはる）
○学位の種類	博士（工学）
○授与番号	甲 第 1017 号
○授与年月日	2015 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	MODELING OF GNSS REGIONAL IONOSPHERIC DELAYS BY THE SPHERICAL CAP HARMONIC ANALYSIS (球冠調和解析による GNSS 局所的電離圏遅延モデルの構築手法)
○審査委員	(主査) 鷹羽 浄嗣（立命館大学理工学部教授） 杉本 末雄（立命館大学理工学部特別任用教授） 久保 幸弘（立命館大学理工学部准教授） 馬杉 正男（立命館大学理工学部教授）

<論文の内容の要旨>

本論文は、衛星測位システム（GNSS）の観測に基づく局所的電離圏（遅延）モデルの構築手法に関する研究を行ったものである。電離圏遅延は GNSS 測位において主要な誤差要因であり、測位精度を向上するための補正精度の高い電離圏モデルについて検討している。第 1 章で GNSS の概要および衛星測位における電離圏遅延の問題を述べた後、第 2 章では、汎用的な観測モデルである GNSS 線形回帰モデルに対して幾何学フリー線形結合を行い、電離圏遅延を推定するための観測方程式を導出した。第 3 章では、電離圏遅延モデルの構築手法について述べている。電離圏遅延量は信号の伝搬経路上の総電子数（TEC）に比例する。そのため、TEC の垂直成分である垂直電子数（VTEC）の分布は緯度と経度の関数として表される。本論文では、VTEC を球冠調和関数を用いて近似することにより新しい電離圏遅延モデルを導出した。実験では、国土地理院による GNSS 観測網（GEONET）データを使用して日本上空の電離圏モデルを構築するとともに、一般に広く提供されている Klobuchar モデル、全地球電離圏マップ（GIM）および 2 次元冪級数展開モデル、球面調和関数モデルとの比較を行った。その結果、球冠調和関数を用いた提案モデルは、上記の既存モデルより電離圏遅延の補正精度が高く、その有用性が示された。さらに第 4 章では、第 3 章の電離圏モデルを利用した遅延量予測モデルを検討した。電離圏上の任意の点における VTEC を自己回帰モデルと多変量自己回帰モデルによって予測する 2 つの手法を提案

した。予測モデルを実時間測位に適用した結果、提案手法が従来モデルの Klobuchar モデルよりも高い補正精度を達成し有用であることを示した。最後に、第 5 章で本論文のまとめを行った。

＜論文審査の結果の要旨＞

本論文は、衛星測位システム(GNSS)における測位誤差の主要要因である電離圏遅延の数学モデル構築について、球冠調和解析に基づく新しい手法を研究したものであり、以下の点において学術的意義があると認める。

1. GNSS における電離圏モデルの構築手法について、既存の手法とそれらの問題点について述べ、その解決方法を提示した。GNSS 観測量の汎用的モデルである GNSS 線形回帰モデルを援用することにより電離圏遅延を解析するための観測方程式を導出し、それに基づいて電離圏遅延の数学モデルを考察した。
2. 日本国内のように観測データが局所地域に限定されている条件の下で電離圏モデルを構築する手法を検討した。具体的には、局所的な電離圏遅延に対して、球冠調和関数を利用した数学モデルを提案し、実際に実データ (GEONET) を使用してモデルを構築した。また、提案モデルと従来モデル (Klobuchar モデル、GIM) を衛星測位に適用し、測位精度の比較を行った。その結果、提案モデルは、Klobuchar モデルよりも測位精度を大幅に改善することができ、GIM と同程度の測位精度を達成した。これにより、球冠調和関数による電離圏モデルの実用性を示した。
3. さらに、実時間測位に適用するための予測モデルについて検討した。提案された予測モデルを、一般的に実時間測位に利用されている Klobuchar モデルと測位精度で比較した。提案の予測モデルを衛星測位に適用した結果、Klobuchar モデルよりも測位誤差が小さくなっており、提案モデルの有用性が示された。

本論文の審査に関して、2015 年 1 月 30 日 (金) 14 時 00 分～15 時 30 分、ウエストウイング 4 階電子システム系共同研究室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者大橋正治氏に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、各モデルの区別・位置付け、実験データにおける測位精度の評価方法、球冠調和関数を用いる利点などに関する質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値すると判断する。

＜試験または学力確認の結果の要旨＞

本論文の主査および副査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科電子システム専攻博士課程後期課程に在学している期間中、研究指導を通じて日常的に学位申請者の学力の確

認を行ってきた。また本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

その結果、学位申請者は本学学位規程第 18 条第 1 項に該当する者であり、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有している事を確認した。よって、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学）」の学位を授与することが適当であると判断する。